

VARIABILIDADE GENÉTICA E INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM  
*Eucalyptus pilularis*

Sonia Maria de Souza<sup>\*</sup>  
Helton Damin da Silva<sup>\*\*</sup>  
José Elidney Pinto Júnior<sup>\*\*</sup>

**RESUMO**

Um total de 21 famílias de polinização aberta de *Eucalyptus pilularis*, procedência Gallangowan do Estado Australiano de Queensland, foram avaliadas em oito locais. Os resultados obtidos, aos 60 meses de idade, mostraram: 1) altas estimativas de herdabilidade, revelando excelentes possibilidades para seleção neste material; 2) alta correlação genética entre altura, DAP e volume cilíndrico, indicando que a seleção poderá ser efetuada usando apenas um dos três caracteres; 3) alta interação família x local indicando que, para o melhoramento desta espécie e procedência, deverão ser consideradas três zonas de melhoramento para efeito de intercâmbio de sementes, de informações e de material vegetativo para uso direto em pomares de sementes.

**PALAVRAS-CHAVE:** variabilidade genética; herdabilidade; interação genótipo x ambiente; *Eucalyptus pilularis*.

**GENOTYPE ENVIRONMENT INTERACTION AND GENETIC VARIABILITY IN**  
*Eucalyptus pilularis*

**ABSTRACT**

Twenty one open pollinated families of *Eucalyptus pilularis*, provenance Gallangowan, state of Queensland, Australia, were evaluated on eight different environments. The results obtained at 60 months showed: 1) high heritability estimates indicated excellent possibilities for effective selection on this material; 2) height, DBH and volume were highly genetically correlated, indicating that any one of these traits are likely to have the same value for selection; 3) the genotype x environment interaction was relatively high. Thus for the improvement programs to be effective it will be necessary to establish three breeding zones, within which seed or other type of genetic material can be exchanged.

**KEY-WORDS:** genetic variability; genotype environment interaction; heritability; *Eucalyptus pilularis*.

---

\* Eng.-Florestal, Ph.D., CREA n° 16.116/D, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\* Eng.-Florestal, Mestre., CREA n° 11.648/D e 70.858/D, respectivamente, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas

## 1. INTRODUÇÃO

A ocorrência natural de *E. pilularis* Sm. na Austrália é limitada à região costeira de New South Wales até a ilha de Fraser, no Sudeste de Queensland, em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000m (HALL et al., 1970; BURGESS, 1975). A espécie vegeta, preferencialmente, em solos profundos e argilosos, embora tenha bom crescimento em solos pobres e arenosos (HALL et al., 1970).

Esta espécie é considerada de grande valor pela qualidade da madeira e elevado padrão de crescimento, sendo o eucalipto mais usado em reflorestamentos na Austrália (BURGESS, 1975 e GOLFARI et al., 1978). Sua madeira é exportada na forma de cavacos, como matéria-prima para celulose, além de ser utilizada para serraria e lenha (GOLFARI, 1975).

No Brasil, *E. pilularis* foi introduzido há mais de 60 anos. Estudos realizados em Mogi Guaçu (SP), com nove procedências, indicaram o excelente crescimento de *E. pilularis* nesta região (PÁSZTOR, 1972). Desde então, outras procedências foram testadas em diferentes regiões do Brasil, também com resultados promissores (MOURA & COSTA, 1980; GOMES et al., 1981 e MORA et al., 1981; SILVA et al., 1991).

A qualidade e a estrutura anatômica da madeira de *E. pilularis* foram descritas por TOMAZELLO FILHO (1985). PÁSZTOR (1972 e 1983) avaliou a densidade básica da madeira de nove procedências de *E. pilularis*. Seus estudos mostraram variações de densidade média entre procedências (0.503 a 0.536 g/cm<sup>3</sup>). Esta característica, segundo os autores, credencia a espécie para futuros estudos do seu aproveitamento como matéria-prima para celulose e papel. Segundo MACHADO et al. (1988), a madeira desta espécie é apropriada para a produção de celulose Kraft. Ainda, BRITO et al. (1983) e SILVA et al. (1991) mostraram que a madeira de *E. pilularis* pode ser também utilizada, com sucesso, na produção de carvão vegetal.

Considerando a potencialidade da espécie, em 1985, através de um convênio com empresas privadas, universidades e instituições de pesquisa, a EMBRAPA iniciou um programa de melhoramento e conservação genética "ex-situ" de duas procedências de *E. pilularis*, em âmbito nacional. Para que este programa tenha êxito e resulte na implantação de uma importante base genética para o melhoramento, é necessária a determinação da magnitude da interação genótipo x ambiente e da magnitude da variabilidade genética do material.

O presente trabalho teve como objetivos: 1) estimar os parâmetros genéticos (variância entre famílias, herdabilidade e correlação entre locais) para altura, DAP, volume e sobrevivência, para uma procedência de *E. pilularis*; 2) determinar a magnitude da interação família x ambiente para as quatro variáveis citadas; e 3) propor alternativas na estratégia de melhoramento, em função das estimativas dos parâmetros genéticos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Delineamento Experimental:

Vinte e uma famílias de polinização aberta de *E. pilularis*, procedência Gallangowan State Forest, do Estado de Queensland - Austrália, foram avaliadas em oito locais (Tabela 1), em testes de progênie. Este material faz parte do programa cooperativo de melhoramento e conservação genética de *Eucalyptus* spp.

coordenado pelo CNPFlorestas/EMBRAPA. Os testes em questão vêm sendo conduzidos pela Acesita Energética S.A., Champion Papel e Celulose Ltda., Cenibra Florestal S.A., Cosigua - Cia. Siderúrgica Guanabara, Cia. Suzano de Papel e Celulose, Plantar S.A., e Ripasa Celulose e Papel S.A.

**TABELA 1. Locais de experimentação, com os respectivos números de blocos e famílias.**

Local	Nº blocos	Nº famílias
Mogi Guaçu-SP	9	21
Boa Esperança do Sul-SP	6	21
Biritiba Mirim-SP	10	21
Brotas-SP	8	21
Lassance-SP	5	21
Itamarandiba-MG	8	21
Itacambira-MG	10	21
Virginópolis-MG	9	17

Os testes de progênie foram instalados em delineamento de blocos ao acaso, com dez repetições, seis plantas por parcela linear, no espaçamento de 3m x 2m. Devido a alguns problemas ocorridos durante a experimentação, em alguns casos, o número de blocos, para efeito de análise, variou de 5 a 10 entre os testes (Tabela 2).

Altura, DAP (diâmetro à altura do peito), volume cilíndrico individual (com casca) e sobrevivência foram avaliados aos 36 e 60 meses de idade, em todos os locais, exceto Lassance-MG e Biritiba Mirim-SP, onde as avaliações foram efetuadas somente aos 60 e 36 meses, respectivamente.

## 2.2. Análises

Análises de variância e covariância para as quatro variáveis avaliadas aos 60 meses, foram realizadas ao nível de médias de parcela. Os esquemas das análises foram os seguintes: a) envolvendo todos os locais; b) para cada local (Tabela 2).

**TABELA 2. Esquema de análise de variância e esperanças matemáticas dos quadrados médios (E(QM)).**

**a) Vários locais**

Fonte de Variação	G.L.	E (QM)
Local	a - 1	$\sigma^2 + b\sigma_{f \times l}^2 + c\sigma_{b \times l}^2 + b\sigma_l^2$
Bloco (local)	a(b-1)	$\sigma^2 + c\sigma_{b(l)}^2$
Família	c - 1	$\sigma^2 + b\sigma_{f \times l}^2 + ab\sigma_f^2$
Família x Local	(a - 1) (c - 1)	$\sigma^2 + b\sigma_{f \times l}^2$
Erro	a(b - 1) (c - 1)	$\sigma^2$

**b) Um local**

Fonte de Variação	G.L.	E (QM)
Bloco	b - 1	$\sigma_i^2 + c\sigma_b^2$
Família	c - 1	$\sigma_i^2 + b\sigma_f^2$
Erro	(b - 1) (c - 1)	$\sigma_i^2$

- a = número de locais
- b = número de blocos
- c = número de famílias
- $\sigma_i^2$  = variância experimental
- $\sigma_f^2$  = variância de famílias
- $\sigma_b^2$  = variância entre blocos
- $\sigma^2$  = variância residual
- $\sigma_{f \times l}^2$  = variância da interação família x local
- $\sigma_{b(l)}^2$  = variância de blocos dentro de locais
- $\sigma_{f \times l}^2$  = variância entre locais

A sobrevivência de plantas foi avaliada e o resultado é fornecido em percentagem e com dados transformados em arco-seno (SNEDECOR & COCHRAN, 1967). Os valores de F foram calculados para família e família x local.

**2.3. Parâmetros Genéticos**

Componentes de variância e covariância para todas as modalidades de análise realizada foram estimados equacionando o quadrado médio observado às suas respectivas esperanças matemáticas. Os componentes de variância e covariância resultantes foram usados para estimar a variância entre médias de família

$Var(\bar{Y}.k)$ , herdabilidade ao nível de média de família ( $h_F^2$ ), para cada local, e estimar a correlação genética entre diferentes caracteres, conforme segue:

$$Var(\bar{Y}.K) = \sigma_F^2 + (\sigma^2 / b)$$

$$h_F^2 = \sigma_F^2 / Var(\bar{Y}.K)$$

$$r_{A(i,j)} = \sigma_{f(i,j)}^2 / (\sigma_{Fi} \sigma_{Fj})$$

onde: 'b' é o número de blocos,  $\sigma_F^2$  variância de famílias,  $\sigma^2$  é variância residual,  $\sigma_{f(i,j)}^2$  é a covariância de família entre caracteres i e j estimada, usando análise de covariância combinada para todos os locais.

Os desvios padrão das herdabilidades foram calculados de acordo com a metodologia descrita por NAMKOONG (1979).

Para detalhamento da interação família x local, foi utilizada a correlação genética entre o mesmo caráter avaliado em diferentes locais. Este parâmetro, conforme relatado por DICKERSON (1962), YAMADA (1962), FALCONER (1981), EISEN & SAXTON (1983), BULMER (1985) e EISEN (1987), fornece, de maneira mais prática, uma medida da magnitude da interação família x local e sua implicação em programas de melhoramento. Neste estudo, as correlações genéticas foram estimadas a partir dos componentes de variância associados à análise de variância apresentada na Tabela 2, pela expressão:

$$Rg = \sigma_f^2 / (\sigma_f^2 + \sigma_{f \times \ell}^2):$$

onde: Rg é a correlação genética estimada,  $\sigma_f^2$  é a variância de família para um dado caráter e,  $\sigma_{f \times \ell}^2$  é a variância da interação família x local para esse mesmo caráter. Este tipo de correlação genética foi estimada apenas para os testes com dados de 60 meses de idade, utilizando 17 famílias e 5 blocos.

Os desvios padrão das correlações foram estimados de acordo com MODE & ROBINSON (1959). O intervalo de confiança, com 95% de probabilidade, foi estimado pela fórmula  $RG \pm t \times$  desvio padrão.

Correlações genéticas também foram estimadas para o mesmo caráter avaliado em dois locais, conforme sugerido por BURDON (1977):

$$rg = Cov(\bar{Y}.K_{i,j}, \bar{Y}.k_{i,j}) / (\sigma_{Fi} \sigma_{Fj}),$$

onde:  $Cov(\bar{Y}.K_i, \bar{Y}.K_j)$  é a covariância entre médias de famílias para um dado caráter, para os testes  $i$  e  $j$ , e  $\sigma_{F_i}^2$  e  $\sigma_{F_j}^2$  são variâncias entre famílias para os testes  $i$  e  $j$ , respectivamente.

Esta correlação genética, quando igual ou próximo de um, indica que os genótipos reagiram praticamente do mesmo modo nos dois ambientes. Esses dois ambientes podem, portanto, ser incluídos numa mesma zona de melhoramento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Comportamento de *E. pilularis* nos diferentes locais, aos 36 e 60 meses de idade.

Diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre médias de famílias para altura, DAP, volume e sobrevivência foram observadas em todos os locais, exceto para DAP, volume e sobrevivência em Boa Esperança do Sul-SP e para sobrevivência em Brotas-SP. O maior desenvolvimento em altura, DAP e volume cilíndrico, aos 36 meses, foi observado em Mogi Guaçu-SP. Porém, aos 60 meses, o maior desenvolvimento foi observado em Virginópolis-MG, com um acréscimo médio, em dois anos, de 9,0 m, 4,1 cm e 0,28 m<sup>3</sup> para altura, DAP e volume, respectivamente (Tabela 3).

**TABELA 3. Médias de altura, DAP, volume cilíndrico e sobrevivência de *E. pilularis*, aos 36 e 60 meses de idade, em diferentes regiões do Brasil.**

Local	Altura (m)		DAP (cm)		Sobrevivência (%)		Volume (m <sup>3</sup> )	
	36	60	36	60	36	60	36	60
Mogi Guaçu	14,2	16,4	11,0	12,9	74	72	0,146	0,234
B. Esperança	10,6	13,2	8,5	11,4	83	81	0,068	0,154
B. Mirim	11,5	-	10,1	-	70	-	0,107	-
Brotas	12,7	16,5	10,1	13,2	86	79	0,124	0,263
Lassance	-	12,4	-	10,0	-	84	-	0,112
Itamarandiba	9,4	14,1	8,3	10,2	90	88	0,057	0,132
Itacambira	10,9	11,0	9,9	11,5	95	93	0,097	0,132
Virginópolis	12,8	21,8	10,4	14,5	93	86	0,121	0,406

Quanto à sobrevivência, em todos os locais e idades avaliados, *E. pilularis*

apresentou média superior a 70%. A maior redução em sobrevivência, dos 36 para os 60 meses de idade, foi de 7% em Brotas-SP e em Virginópolis-MG.

Em geral, *E. pilularis* apresentou crescimento compatível ou ligeiramente inferior às espécies mais utilizadas nos programas de reflorestamento (*E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*), o que a credencia como alternativa principalmente para áreas que devem ser mantidas com cobertura florestal por um período maior de tempo (para fins de proteção de mananciais, encostas de morros e outros ecossistemas frágeis).

Todas as correlações fenotípicas para um mesmo caráter avaliado em diferentes idades foram significativas ( $p \leq 0,0001$ ), indicando que, fenotipicamente, as famílias com maiores valores para altura, DAP, volume e sobrevivência, aos 36 meses, são as mesmas aos 60 meses (Tabela 4).

**TABELA 4. Correlação fenotípica entre 36 e 60 meses para o mesmo caracter de *E. pilularis*, em diferentes locais.**

Local	Altura (m)	DAP (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Sobrevivência (%)
Mogi Guaçu	0,88	0,93	0,92	97
B. Esperança	0,82	0,92	0,91	97
Brotas	0,79	0,90	0,92	85
Itamarandiba	0,95	0,96	0,96	92
Itacambira	0,88	0,98	0,97	93
Virginópolis	0,83	0,93	0,94	77

Nota: Todas correlações foram significativas ( $p \leq 0,0001$ ).

### 3.2. Interação família x local

A interação família x local foi estatisticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) para altura, DAP, volume e sobrevivência (Tabela 5). Porém, significante interação por si não é suficiente para determinar a importância prática da interação.

Para melhor entender a importância da interação família x local, usou-se o conceito de correlação genética global entre ambientes, conforme sugerido por DICKERSON (1962), YAMADA (1962), FALCONER (1981), EISEN & SAXTON (1983), BULMER (1985) e EISEN (1987). Para os quatro caracteres avaliados, as correlações genéticas, com 95% de probabilidade, variaram entre zero e 1,0 (Tabela 5). Neste caso, a interação família x local, de acordo com o limite estabelecido por SHELBOURNE (1972), foi considerável. Este fato limita o agrupamento destes locais em uma única zona de melhoramento.

**TABELA 5. Análise de variância e correlação genética entre ambientes (Rg) com os respectivos desvios padrão da avaliação de *E. pilularis*, aos 60 meses de idade.**

Fonte de Variação	G.L.	QM (Altura)	QM (DAP)	QM (Volume)
Bloco	6	1.104,14	234,52	0,94700
Bloco (Local)	28	6,840	3,52	0,00537
Famílias	16	16,142*	22,14*	0,02524*
Local • Famílias	96	3,178*	3,390*	0,00635*
Erro	448	1,411	1,895	0,00260
<b>Total</b>	<b>594</b>	<b>(7,9%)<sup>1</sup></b>	<b>(11,6%)<sup>1</sup></b>	<b>(25,1%)<sup>1</sup></b>
<b>Rg ± S<sup>a</sup></b>		<b>0,51 ± 0,13<sup>c</sup></b>	<b>0,64 ± 0,12<sup>c</sup></b>	<b>0,42 ± 0,13<sup>c</sup></b>

\* Estatisticamente significativo ao nível de  $p < 0,0001$ .

<sup>1</sup> Coeficiente de variação.

<sup>a</sup> Correlação genética ± desvio padrão.

<sup>b</sup> Rg ± s para sobrevivência =  $0,56 \pm 0,19$ .

<sup>c</sup>  $0 < Rg < 1,0$  ao nível de  $p = 0,05$ .

Para determinar os locais que poderiam ser agrupados em uma mesma zona de melhoramento, foi estimada a correlação genética para o mesmo caráter avaliado em dois locais, conforme sugerido por BURDON (1977). Considerando que este tipo de correlação pode ser estimada, independentemente, para cada par de locais, foram utilizadas 21 famílias para todos os pares de locais, exceto os pares envolvendo Virginópolis, onde apenas 17 famílias foram consideradas. Foram utilizados, também, todos os blocos disponíveis em cada local (Tabela 1).

Correlações genéticas entre pares de locais, para altura (acima da diagonal) e DAP (abaixo da diagonal), são apresentadas na Tabela 6, e para volume na Tabela 7. Não foram calculadas as correlações para sobrevivência, devido ao valor negligenciável da variância de família observado em alguns locais. Isto pode ter sido consequência da alta sobrevivência apresentada nesta idade (acima de 70%, em média, Tabela 3).

Correlações genéticas menores que 0,67 (limite estabelecido por SHELBOURNE, 1972) foram observadas para altura, DAP e volume, para todos os pares de locais envolvendo Mogi Guaçu (Tabela 7). Este resultado indica que, para *E. pilularis* e os caracteres avaliados, Mogi Guaçu é pronunciadamente diferente dos demais locais, sugerindo o estabelecimento de uma zona de melhoramento específica para este local.

**TABELA 6. Correlação genética para altura (acima da diagonal) e diâmetro (abaixo da diagonal) considerando pares de locais, para dados de 60 meses de *E. pilularis*.**

Local	Mogi	B.Esp.	Brotas	Lass.	Itam.	Itaca.	Virgi.
Mogi Guaçu	-	-0,72	0,13	-0,14	-0,01	0,04	0,01
B. Esperança	-0,87	-	0,97	0,34	1,02	0,77	0,88
Brotas	0,33	1,22	-	0,59	1,02	0,73	1,01
Lassance	-0,03	0,87	0,88	-	0,63	0,57	0,82
Itamarandiba	0,17	1,15	1,13	0,74	-	1,00	1,08
Itacambira	0,45	0,87	0,92	0,60	1,01	-	1,02
Virginópolis	0,12	1,18	1,17	0,80	1,17	1,08	-

Correlações genéticas menores que 0,67 foram também observadas para altura nos pares de locais envolvendo Lassance, exceto Lassance x Virginópolis. O mesmo foi observado para DAP nos pares de locais Lassance x Mogi e Itacambira, e para volume em Lassance x Mogi, Boa Esperança do Sul e Itacambira. Considerando os três caracteres em conjunto (altura, DAP e volume), esses resultados sugerem que Lassance-MG é pronunciadamente diferente dos demais locais, exceto de Virginópolis-MG.

**TABELA 7. Correlação genética para volume cilíndrico, considerando pares de locais, para dados de 60 meses de *E. pilularis*.**

Local	Mogi	B.Esp.	Brotas	Lass.	Itam.	Itaca.	Virgi.
Mogi Guaçu	-	-0,12	0,24	0,04	0,35	0,44	0,16
B. Esperança		-	1,14	0,48	0,91	0,72	0,83
Brotas			-	0,90	1,19	0,94	1,11
Lassance				-	0,74	0,62	1,16
Itamarandiba					-	1,06	0,66
Itacambira						-	1,12

Em resumo, os programas de melhoramento genético, o intercâmbio de material genético superior, bem como o comércio de sementes de *E. pilularis* da procedência Gallangowan-QLD-Austrália, entre os locais avaliados, deverão ser praticados considerando-se três zonas distintas: Zona 1 = Mogi Guaçu-SP; Zona 2 = Lassance-MG e Zona 3 = composta por Boa Esperança do Sul-SP, Brotas-SP, Itamarandiba-MG, Itacambira-MG e Virginópolis-MG. Deve-se lembrar ainda que Virginópolis-MG também poderia ser incluída na mesma zona de melhoramento de Lassance-MG.

### 3.3. Herdabilidade e correlação genética entre diversos caracteres

Em geral, os melhores resultados na seleção são obtidos quando as estimativas de herdabilidade dos caracteres a serem usados como critério de seleção são altas e com pequenos desvios padrão. Neste estudo, para altura, DAP e volume, as estimativas de herdabilidade, ao nível de médias de família, aos 60 meses de idade,

para cada local, foram relativamente altas (máximo = 0,82; 0,86 e 0,86 e mínimo = 0,43; 0,34 e 0,34, respectivamente, para altura, DAP e volume) e com pequenos desvios padrão (Tabela 8). As estimativas de herdabilidade para altura e DAP foram semelhantes àquelas obtidas por SOUZA et al. (1991), para *E. cloeziana* aos 36 meses de idade, e àquelas obtidas por ASSIS et al. (1982), para *E. grandis* aos 48 meses de idade, e àquelas obtidas por MORI et al. (1988), para *E. urophylla* aos 84 meses de idade.

**TABELA 8. Herdabilidade ao nível de médias de famílias e respectivos desvios padrão para altura, DAP, volume cilíndrico e sobrevivência de *E. pitularis*, estimadas aos 60 meses de idade, para cada local.**

Local	Altura (m)	DAP (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Sobrevivência (%)
Mogi Guaçu	0,62 ± 0,12*	0,58 ± 0,14	0,45 ± 0,18	0,65 ± 0,11
B. Esperança	0,43 ± 0,19	0,34 ± 0,22	0,34 ± 0,22	-
Brotas	0,72 ± 0,09	0,64 ± 0,12	0,59 ± 0,13	-
Lassance	0,72 ± 0,09	0,70 ± 0,10	0,64 ± 0,12	0,39 ± 0,21
Itamarandiba	0,74 ± 0,08	0,76 ± 0,08	0,74 ± 0,08	0,68 ± 0,10
Itacambira	0,75 ± 0,08	0,78 ± 0,07	0,63 ± 0,12	0,61 ± 0,12
Virginópolis	0,82 ± 0,07	0,86 ± 0,05	0,86 ± 0,05	0,69 ± 0,11

\* Herdabilidades ± respectivos desvios padrão

As menores estimativas de herdabilidade para altura, DAP e volume foram obtidas para Boa Esperança do Sul-SP. Conforme discutido previamente, neste local não houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre famílias, para DAP e volume. Este fato sugere que, nesta idade (60 meses) e para este local, não houve considerável expressão de variabilidade do material. Portanto, neste caso, a seleção de famílias e árvores superiores deverá ser adiada até idades mais avançadas, quando uma maior expressão de variabilidade do material poderá ocorrer. Entretanto, a variância fenotípica também poderá ser superior e, conseqüentemente, pouco reflexo poderá ocorrer na herdabilidade.

Para sobrevivência, as estimativas de herdabilidade ao nível de médias de famílias foram relativamente altas e com pequenos desvios padrão em Mogi Guaçu-SP, Itamarandiba-MG, Itacambira-MG e Virginópolis-MG ( $h_F^2 > 0,60$ ). A estimativa de herdabilidade foi baixa, com desvio padrão elevado em Lassance-MG (Tabela 8). Em Boa Esperança-SP e Brotas-SP, as herdabilidades para sobrevivência não foram calculadas devido às estimativas negativas dos componentes de variância de famílias.

O primeiro tipo de correlação genética discutida neste trabalho foi estimada para o mesmo carácter avaliado em indivíduos da mesma família, porém em locais diferentes. Neste caso, correlação próxima ou igual a um indica praticamente que os mesmos genes estão controlando a expressão do carácter nos dois locais. Um segundo tipo de correlação foi estimado entre caracteres avaliados nos mesmos

indivíduos, usando a análise de covariância combinada para todos os locais. Esta correlação mede o efeito dos genes comuns governando a determinação dos dois caracteres (MODE & ROBSON, 1959).

Em geral, altura, DAP e volume foram altamente correlacionados ( $r_A > 0,90$ ) (Tabela 9). Correlações genéticas menores foram observadas entre estes caracteres e a sobrevivência. Isto sugere que a seleção de famílias superiores de *Eucalyptus pilularis*, procedência Gallangowan-QLD, poderá ser efetuada utilizando apenas uma das três características. Por outro lado, o uso do índice de seleção combinando as três características provavelmente resultaria na seleção das mesmas famílias.

**TABELA 9. Correlações genéticas entre diferentes caracteres, para *E. pilularis*, aos 60 meses de idade.**

Caracteres	DAP	Volume	Sobrevivência
Altura	0,95	0,97	0,79
DAP	-	1,02	0,78
Volume		-	0,67

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estes resultados revelaram um bom crescimento das progênes de *E. pilularis*, procedência Gallangowan-QLD, nos diferentes locais. Os maiores valores de alturas, DAP e volumes cilíndricos, aos 60 meses de idade, foram observados em Virginópolis-MG.

De maneira geral, houve expressão de considerável variabilidade genética em altura, DAP e volume nos locais avaliados, exceto em Boa Esperança do Sul-SP, resultando em altas estimativas de herdabilidade, ao nível de médias de famílias. Isto mostra excelentes possibilidades para seleções efetivas nessa idade (60 meses). Em Boa Esperança do Sul-SP, a seleção de famílias deverá ser retardada até que seja detectada maior variabilidade no material.

Para seleção de famílias superiores de *E. pilularis*, apenas uma das três características altamente correlacionadas (altura, DAP ou volume cilíndrico) necessita ser considerada.

Baseando-se na correlação genética entre locais, concluiu-se que o melhoramento desta espécie e procedência, intercâmbio de sementes, de informações e de material vegetativo selecionado para uso direto em pomares de sementes poderá ser praticado, considerando três zonas: Zona 1 = Mogi Guaçu-SP; Zona 2 = composta por Lassance-MG e Virginópolis-MG, e Zona 3 = composta por Boa Esperança do Sul-SP, Brotas-SP, Itamarandiba-MG, Itacambira-MG e Virginópolis-MG.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Carlos Alberto Ferreira e ao Dr. Jarbas Y. Shimizu pela revisão e sugestões apresentadas, ao Dr. Antonio R. Higa pela coordenação do

Projeto *Eucalyptus*. Também, agradecemos às Empresas Acesita Energética S.A., Champion Papel e Celulose Ltda., Cenibra Florestal S.A., Cosigua-Cia. Siderúrgica Guanabara, Cia. Suzano de Papel e Celulose, Plantar S.A., e Ripasa S.A. Celulose e Papel pela condução dos experimentos, coleta de dados e fornecimento de informações complementares, as quais contribuíram para o enriquecimento deste trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T.F.; BRUNE, A.; NASCIMENTO FILHO, M.B.; FONSECA, J.B. Teste de progênie de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden. **Silvicultura**, v.8, n.28, p.165-167, 1982.
- BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G.; SEIXAS, F. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n.23, p.53-56, 1983.
- BULMER, M.G. **The mathematical theory of quantitative genetics**. Oxford: Clarendon Press, 1985. 254p.
- BURDON, R.D. Genetic correlation as a concept for studying genotype environment interaction in forest tree breeding. **Silvae Genetica**, v.26, p.168-175, 1977.
- BURGESS, I.P. A provenance trial with blackbutt: 9 years results. **Australian Forest Research**, v.7, n.1, p.1-9, 1975.
- DICKERSON, G.E. Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. **Animal Production**, Edinburgh, v.4, p.47-64, 1962.
- EISEN, J.E. **Concepts in quantitative genetics and breeding**. Raleigh: North Carolina State University, 1987. 225p.
- EISEN, J.E.; SAXTON, A.M. Genotype by environment interactions and genetic correlations involving two environmental factors. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.67, p.75-86, 1983.
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York: Longman, 1981. 340p.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Rio de Janeiro: PRODEPEF, 1975. 65p. (PRODEPEF. Série Técnica, 3).
- GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. (2ª aproximação). Brasília: PRODEPEF, 1978. 66p. (PRODEPEF. Série Técnica, 11).
- GOMES, J.M.; PEREIRA, A.R.; BRANDI, R.M.; MACIEL, L.A.F. Variação do crescimento de espécies e procedências de eucalipto cultivadas na região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.5, n.2, p.233-249, 1981.
- HALL, N.; JOHNSTON, R.D.; CHIPPENDALE, G.M. **Forest trees of Australia**. 3.ed. Canberra: Dept. of National Development. Forestry and Timber Bureau, Australian Government Publishing Service, 1970. 337p.

- MACHADO, F.J.J.; GOMIDE, J.L.; CAMPOS, W.O.; CAPITANI, L.R. Caracterização da madeira de *Eucalyptus pilularis* e estudos para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.2, p.111-122, 1988.
- MODE, C.J.; ROBINSON, H.F. Pleiotropism and the genetic variance and covariance. **Biometrics**, Alexandria, v.15, p.518-537, 1959.
- MORA, A.L.; NETO, A. DICIERO.; DINIZ, A.S.; ODA, S. Resultados de ensaios de introdução de espécies de *Eucalyptus* na região Centro-Sul. **IPEF. Boletim Informativo**, Piracicaba, v.9, n.28, p.41-50, 1981.
- MORI, E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; FERREIRA, M. Variação genética e interação progênes x locais em *Eucalyptus urophylla*. **IPEF**, Piracicaba, n.39, p.53-63, 1988.
- MOURA, V.P.G.; COSTA, S.M.C. **Seleção de espécies e procedências de *Eucalyptus*, no eixo Campo Grande-Três Lagoas, MS, na região de Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1980. 33p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 15).
- NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Washington: USDA, 1979. 342p. (USDA. Tech. Bull., 1588)
- PÁSZTOR, Y.P. de C. **Testes de procedências de *Eucalyptus pilularis* S.M. na região de Mogi Guaçu**. Piracicaba: ESALQ, 1972. 61p. Tese Doutorado.
- PÁSZTOR, Y.P. de C. Teste de procedência de *Eucalyptus pilularis* S.M. - Resultados de 13 anos. **Silvicultura**, São Paulo, v.8, n.31, p.487-488, 1983.
- SHELBOURNE, G.J.A. Genotype-environment interaction: Its study and implications in forest tree improvement. In: **IUFRO Genetics Sabrao Joint Symposia**, 1972, Tokyo. **Anais Tokyo**, 1972. p. B-1(I), 1 - B-1(I),28.
- SILVA, H.D. da; PIRES, I.E.; ARAÚJO, F.D. Comportamento silvicultural e aptidão para produção de carvão de cinco espécies de *Eucalyptus*, na região de cerrados de Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, 9p. 1991. (no prelo).
- SNEDECOR, G.M.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods**. Ames: Iowa State University Press, 1967. 593p.
- SOUZA, S.M. de; RESENDE, M.D.V. de; SILVA, H.D. da; HIGA, A.R. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente envolvendo procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. em diferentes regiões do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.1, p.1-17, 1992.
- TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de eucalipto cultivadas no Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n.29, p.25-36, 1985.
- YAMADA, J. Genotype by environment interaction and genetic correlation of the same trait under different environment. **Japanese Journal of Genetics**, v.37, p.498-509, 1962.